

Рисунок 3 – Профили концентрации углерода при разных условиях охлаждения фольги

Для количественного определения содержания углерода в фольге, образцы фольги исследовались на содержание углерода лабораторным методом измерения. При этом важно учесть возможные ошибки, возникающие при способе извлечения фольговых образцов из печи. Некоторые возможные ошибки демонстрируются на рисунке 3.

Когда образцы фольги охлаждаются на воздухе, происходит окисление и изменение поверхностной концентрации углерода. Охлаждение в цементирующем газе имеет эффект дальнейшей цементации и приводит к более высокому содержанию углерода. К тому же зачастую не достигается однородная концентрация углерода по всей толщине фольги. Так что лучший способ извлечения фольги - выдержать ее достаточно долго в атмосфере цементации и медленно охладить в инертном газе.

Предлагаемым методом были обработаны 70 образцов фольги с параллельным определением содержания углерода лабораторным методом. Результаты статистической обработки

представлены на рисунке 4. Коэффициент корреляции оставляет 97,5% со стандартным отклонением 0,06 % С.

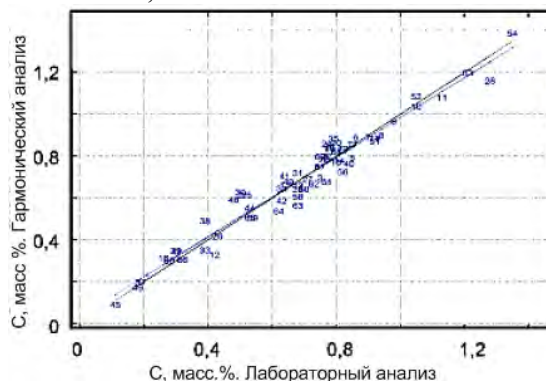


Рисунок 4 – Экспериментальная оценка точности и достоверности результатов измерений

При строгом соблюдении рекомендаций по извлечению фольги из печной атмосферы стандартное отклонение возможно еще снизить. Экспериментально определенная точность метода измерения достаточно высока для контроля углеродного потенциала в процессах цементации и может быть увеличена в дальнейшем.

1. Rose, E.; Mayr, P.: Analyse von PVD/CVD-Verschleißschutzschichten mit der Glimmentladungsspektroskopie (GDOS) // HTM – 1986- № 3, S.127.
2. Klümper-Westkam p.H.; Mayr, P.; Reimche, W.; Feiste, K.L.; Bernhard, M.; Bach, F.-W.: Bestimmung des Kohlenstoffgehaltes in Aufkohlungsfolien // HTM - 2002- № 5, S. 364-372.

УДК 006.91.034:537.811 (045)(476)

## НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЭТАЛОН ЕДИНИЦЫ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НЭ РБ 26-15

Волынец А.С., Галыго А.В.

Республиканское унитарное предприятие «Белорусский государственный институт метрологии»  
Минск, Республика Беларусь

### Введение

Плотность потока энергии (далее – ППЭ) — физическая величина, численно равная потоку энергии через малую площадку единичной площади, перпендикулярную направлению потока. Средства измерений ППЭ применяются в промышленности, экологии, медицине, обороне, научных исследованиях, транспорте и связи. В Республике Беларусь измерения ППЭ в первую очередь проводятся центрами гигиены и эпиде-

миологии при осуществлении контроля уровня электромагнитного поля на соответствие требованиям стандартов системы безопасности труда, санитарных правил и норм, устанавливающих предельно допустимые уровни воздействия электромагнитных излучений на людей. Кроме того средства измерений ППЭ находят применение при проведении мониторинга уровней электромагнитных полей на местности и осуществлении контроля за использованием радиочастот-

ного спектра инспекциями, при проведении сертификационных испытаний продукции испытательными лабораториями, при проведении исследований по обеспечению защиты информации спецслужбами [1].

#### Состав и принцип работы эталона

Эталон предназначен для воспроизведения, хранения и передачи размера единицы ППЭ в свободном пространстве. Единица ППЭ является производной от основных единиц, поэтому при ее воспроизведении используются средства измерений, заимствованные из поверочных схем для средств измерения длины и частоты, кроме того осуществлена взаимосвязь эталона единицы ППЭ с исходным эталоном единицы мощности электромагнитных колебаний ИЭ РБ 19-10.

Принцип действия эталона основан на методе эталонной антенны, в соответствии с которым значение ППЭ определяется с помощью эталонного измерителя ППЭ, а при передаче размера единицы ППЭ используется метод замещения эталонного преобразователя на исследуемый.

Эталон построен по блочному принципу. В состав эталона входят следующие основные блоки:

- а) излучающий блок эталона;
- б) измерительный блок эталона;
- в) устройство юстировки и перемещения излучающих модулей;
- г) устройство юстировки и перемещения измерительных модулей;
- д) экранированная безэховая камера 2,3x2,3x4,8 м;
- е) модифицированная экранированная полубезэховая камера Frankonia SAC – 3 Plus;
- д) управляющая персональная электронно-вычислительная машина (ПЭВМ) с прикладным программным обеспечением.

Источником сигнала служит широкополосный генератор сигналов с диапазоном рабочих частот от 0,3 до 39,65 ГГц. Регулировка ППЭ электромагнитного поля по уровню осуществляется регулировкой выходной мощности генератора. В диапазоне частот от 0,3 до 1,0 ГГц в качестве излучающей антенны используется широкополосная дипольная антенна Пб-62 с низким значением коэффициента усиления. Для создания электромагнитного поля большой амплитуды в данном диапазоне частот в высокочастотный тракт между генератором и измерительным мостом включается усилитель мощности Schaffner CBA 9433. В диапазоне частот от 1,0 до 18,0 ГГц излучателем является рупорная антенна ETS 3115, подключаемая к генератору через направленный ответвитель №05 или мост измерительный в зависимости от диапазона частот. В диапазоне частот от 18,0 до 25,86 ГГц к генератору через направленный ответвитель №03 под-

ключается рупорная антенна Пб-63, в диапазоне частот от 25,86 до 39,65 ГГц – рупорная антенна Пб-64 через направленный ответвитель №01. В целях контроля и обеспечения стабильности уровня мощности эталонного электромагнитного поля во вторичное плечо направленного ответвителя подключается измеритель мощности РМ 2 с термоэлектрическим преобразователем.

В состав измерительного блока входят идентичные излучающим эталонные измерительные антенны, к выходу которых подключаются к термоэлектрические преобразователи измерителя мощности РМ2. Крепление антенн осуществляется в устройствах юстировки и перемещения излучающих и измерительных модулей внутри экранированной безэховой камеры с помощью комплекта адаптеров для крепежа измерительных и излучающих антенн. Устройство юстировки и перемещения измерительных модулей, изготовленное из диэлектрического материала, позволяет в автоматическом режиме выполнять изменение расстояния между антеннами, осуществлять поперечное перемещение, вращение антенны по азимуту и вокруг своей оси.

В состав эталона входят две безэховые камеры, предназначенные для исключения переотражений электромагнитных волн от стен и конструктивных неоднородностей, а также защиты обслуживающего персонала от электромагнитного излучения [2].

Эталон функционирует следующим образом. Эталонные излучающие и измерительные антенны соответствующего диапазона устанавливаются в экранированной безэховой камере на расстоянии  $l$ , м, друг от друга. На эталонную излучающую антенну с генератора сигналов через направленный ответвитель подается сигнал требуемой частоты и мощности  $P_s$ . Эталонное значение ППЭ  $П_{эм}$ , Вт/м<sup>2</sup>, создаваемого излучающей антенной, определяется эталонной измерительной антенной с подключенным к ней измерителем мощности по формуле

$$П_{эм} = \frac{P_{эм}}{S_{эм}}, \quad (1)$$

где  $P_{эм}$  – мощность сигнала на выходе эталонной измерительной антенны, Вт;

$S_{эм}$  – эффективная площадь эталонной измерительной антенны, м<sup>2</sup>.

Затем эталонная измерительная антенна заменяется на исследуемую антенну или измеритель ППЭ. Измеритель ППЭ подключается непосредственно к ПЭВМ через интерфейс Ethernet, RS-232 или USB в зависимости от типа интерфейса, используемого измерителем ППЭ для передачи данных. С генератора на излучающую антенну подается сигнал мощности  $P_s$ , при этом стабильность мощности сигнала контролируется

измерителем мощности РМ2, включенным во вторичный канал направленного ответвителя излучающего тракта. В случае изменения уровня выходной мощности генератора выполняется его корректировка. Далее производится регистрация показаний исследуемого измерителя ППЭ либо измерителя мощности, подключенного к выходу исследуемой измерительной антенны.

Если исследуемым средством измерений является измеритель ППЭ, относительная погрешность измерения  $\delta$  определяется по формуле

$$\delta = \frac{P_{изм} - P_{эт}}{P_{эт}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где  $P_{изм}$  - значение ППЭ, измеренное исследуемым измерителем ППЭ, Вт/м<sup>2</sup>.

Если объектом исследования является измерительная антенна, эффективная площадь исследуемой антенны  $S_{эф}$ , м<sup>2</sup>, рассчитывается по формуле

$$S_{эф} = \frac{P_{изм} \cdot S_{эт}}{P_{эт}}, \quad (3)$$

где  $P_{изм}$  - мощность сигнала на выходе исследуемой антенны, измеренный измерителем мощности, Вт;

$P_{эт}$  - мощность сигнала на выходе эталонной антенны, Вт;

$S_{эт}$  - эффективная площадь эталонной антенны, м<sup>2</sup>.

Эталон обеспечивает воспроизведение единицы плотности потока энергии со среднеквадратическим отклонением результатов измерений не более 10 % при числе измерений  $n=5$  и неисключенной систематической погрешностью от  $\pm 10\%$  до  $\pm 30\%$  в зависимости от диапазона частот и значения плотности потока энергии [3].

При оценке неисключенной систематической составляющей погрешности учтены следующие составляющие: погрешность измерения мощно-

сти измерителем мощности РМ на выходе эталонной измерительной антенны, погрешность эффективной площади эталонной измерительной антенны; погрешность за счёт рассогласования в тракте между измерительной антенной и измерителем мощности; погрешность за счёт переотражений между излучающей и измерительной антеннами; погрешность из-за неплоскостности электромагнитного поля в месте сличения антенн; погрешность замещения измерительной антенны на эталонную антенну; погрешность из-за непостоянства электромагнитного поля за время измерений; погрешность из-за переотражений электромагнитных полей от стен безэховой камеры и др.

#### Заключение

Эталон обеспечивает потребности республики при проведении метрологического контроля средств измерений ППЭ и измерительных антенн, эксплуатируемых отечественными предприятиями, используется в научных и исследовательских работах. В перспективе совершенствование эталона связано с исследованиями характеристик эталона с целью снижения неисключенной систематической погрешности, расширением динамического диапазона единицы плотности потока энергии, проведением международных сличений.

1. Создание и совершенствование эталонной базы в области радиочастотных электромагнитных измерений. В.А. Тищенко, М.В. Балаханов, В.И. Лукьянов. – Менделеево: ФГУП «ВНИИФТРИ», 2013. – 198 с.

2. Правила хранения и применения национального эталона единицы плотности потока энергии электромагнитного поля.

3. Паспорт национального эталона единицы плотности потока энергии электромагнитного поля.

УДК 658

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СМК СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**Врублевская Е.А., Спесивцева Ю.Б.**

*Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь*

КПД-1 ОАО «МАПИД» является одним из основных поставщиков услуг в строительстве нашей страны. В настоящее время перед предприятием поставлена задача актуализации и совершенствования СМК, которая должна соответствовать требованиям СТБ ISO 9001 с учетом изменений новой версии.

Одним из основных инструментов совершенствования СМК является оценка результативности, поскольку она позволяет принимать решения на основе фактов. Имеющаяся на предприятии методика имела ряд недостатков, поэтому была разработана новая версия, учитывающая лучшие стороны разных подходов.